

сомые значения межнейронных связей, обеспечивающих наибольшую близость ответов сети к известным правильным решениям.

Недостаток данного метода связан с тем, что набор описывающих входных факторов формулируется экспертом-человеком и может оказаться неполным и противоречивым.

Нами предложена новая методология использования метода обучения нейронных сетей, позволяющая строить математическую модель объекта и прогнозировать его функционирование. В качестве локального решения выбранной подзадачи предлагается неописанный ранее способ представления статистических данных для выявления значащих факторов при выборе работ по реконструкции потокораспределительных магистралей.

Созданная технология позволяет выявлять в анализируемых данных неявные закономерности, а полученные модели ускоряют процесс анализа данных и делают локализацию искомого решения более точной.

К перспективам дальнейших исследований в вопросе повышения эффективности современных АСУ потокораспределением в инженерных сетях следует отнести создание экспертных систем для планирования и управления реальными производственными процессами.

1.Рябченко И.Н. Моделирование процессов потокораспределения в системах подачи и распределения воды с использованием ПЭВМ. – Харьков: Основа, 1998. – 188 с.

2.Фролов Ю.В. Интеллектуальные системы и управленческие решения. – М.: МГПУ, 2000. – 294 с.

3.Вороновский Г.К. и др. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности. – Харьков: Основа, 1997. – 112 с.

*Получено 16.07.2004*

УДК 004.4 : 621.311

**З.В.ДУДАРЬ, М.В.ЗБИТНЕВА**, кандидаты техн. наук, **А.В.КОМИССАРОВ**  
*Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

## **АНАЛИЗ ФОРМАТА PNG ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВОГО ВОДЯНОГО ЗНАКА**

Анализируется робастность и пропускная способность формата PNG. Предлагается метод встраивания цифрового водяного знака в формат PNG. Практическую ценность определяет существующий сегодня во всех областях человеческой деятельности, в том числе и для коммунального хозяйства городов, актуальный вопрос подтверждения авторских прав графических контейнеров.

С повышением производительности компьютерных систем и сетей большая часть информации стала храниться и передаваться в циф-

ровом виде. Появилась возможность быстро копировать и распространять информацию посредством глобальной сети Internet и переносных носителей информации, таких как компакт-диски, дискеты и др. Вместе с тем возросла проблема защиты информации на интеллектуальную собственность [1], которая связана с компьютерными технологиями. Хотя законы и защищают владельцев интеллектуальной собственности, все же отслеживание и предотвращение несанкционированного распространения информации является довольно трудной задачей.

Одним из видов информации, часто подвергающейся несанкционированному копированию, являются графические файлы. Для злоумышленников Internet – это огромная база ресурсов. Так, любой посетитель web-сайта без особого труда может сделать копию изображения, расположенного на этом сайте, и использовать его в своих корыстных целях. При этом доказать факт незаконного копирования практически невозможно.

Методика встраивания цифровых водяных знаков (ЦВЗ) позволяет защитить информацию от несанкционированного копирования и в случае необходимости доказать права на нее, а также проверить подлинность полученной информации [2].

Сегодня робастными ЦВЗ считаются те, которые внедряются в психофизиологическую область данных с предварительным анализом качества и характеристик контейнера [3-5]. Суть заключается в незначительном изменении контейнера таким образом, чтобы не нарушалась основная информация. Существуют также алгоритмы встраивания ЦВЗ, устойчивые к большому числу атак, однако они имеют следующие недостатки: малая пропускная способность стегаканала, высокая вычислительная сложность, малая адаптация при появлении принципиально новых атак.

Защите информации посредством встраивания ЦВЗ в формат данных не уделяется значительного внимания, хотя применение этого метода максимизирует пропускную способность и минимизирует вычислительные затраты. В ряде систем, критичных к пропускной способности и вычислительным затратам, такие методы являются неоптимальными.

Одним из наиболее популярных форматов графических файлов, является PNG. Целью исследований является разработка метода Z\_PNG встраивания/извлечения ЦВЗ, и программного продукта, представляющего собой средство для защиты авторских прав. Файл в формате PNG состоит из порций. Каждая порция содержит данные определенного назначения.

Формат PNG использует процесс сжатия без потерь и поддерживает следующие возможности: до 48 битов на пиксел для цветных изображений; 1-, 2-, 4-, 8-, и 16-битовая точность дискретизации; альфа-канал для полного управления прозрачностью; совершенное цветовое соответствие.

Формат PNG поддерживает пять различных цветовых моделей или методов представления цвета пикселей внутри изображения. Как и формат BMP, формат PNG может представлять цвета в виде трех RGB-компонент. Каждый пиксел представляется 8- или 16-битовыми значениями цветовых компонент. Кроме того, PNG-изображения могут использовать в качестве цветовой модели цветовую палитру, так же как это делается в форматах BMP и GIF. Размер палитры зависит от точности дискретизации. Файлы изображений, использующих цветовую палитру, должны содержать порцию PLTE, определяющие палитру. Цветовые палитры могут использоваться только в случаях, когда глубина цвета равна 1, 2, 4 или 8 битам.

Стандарт PNG включает четыре критические порции: IHDR, PLTE, IDAT и IEND. Чтобы декодировать изображение, декодер должен обработать критическую порцию абсолютно во всех случаях. Блок IHDR определяет размеры изображения, глубину цвета и цветовую модель, порция PLTE – цветовую палитру, IDAT – сжатые данные изображения, IEND – отмечает конец PNG-файла.

Открытые порции включают все типы, определенные стандартом PNG. Программы могут создавать собственные приватные типы порций для хранения данных, характерных для конкретной программы.

Стандарт PNG определяет несколько критичных или вспомогательных порций. Это порции, присутствие которых в PNG-файле не является обязательным. Если кодеру известно правильное значение Гаммы, использовавшееся для просмотра исходного изображения, кодер может сохранить эту информацию в порции gAMA, чтобы декодер мог повторно воспроизводить изображение так, как оно выглядело на дисплее, с помощью которого создавалось изображение. Кодер может использовать порцию tEXt для хранения текстовой информации, не влияющей на декодирование изображения.

В ходе исследований формата PNG были проведены тесты, представленные в таблице, на встраивание информации в следующие части:

- 1) нестандартная некритичная безопасная для копирования порция;
- 2) порция tEXt (небезопасная для копирования);
- 3) порция gAMA после значения гаммы;
- 4) лишняя порция IDAT;

- 5) после данных изображения в порции IDAT;
- 6) конец файла (после порции IEND);
- 7) палитру цветов;
- 8) палитра цветов в черно-белом изображении.

Результаты тестов на вставку информации в различные части формата

Тест	Декодер			
	Microsoft Photo Editor	ACDSee	Adobe Photoshop	Internet Explorer
1	Ok	ok	Ok	Ok
2	Ok	ok	Ok	Ok
3	Ok	ok	Failed	Ok
4	Failed	ok	Ok	Failed
5	Failed	ok	Ok	Ok
6	Ok	ok	Ok	Ok
7	Ok	ok	Ok	Ok
8	Ok	failed	Ok	Ok

В результате тестирования установлено, что добавление лишней информации в стандартные порции, как правило, вызывает ошибки чтения данных декодерами.

По стандарту формат PNG может содержать палитру цветов только в том случае, если изображение не является полутоновым. Все участвовавшие в тестировании программы кроме ACDSee проигнорировали палитру в полутоновом изображении. Однако последняя отобразила изображение, используя палитру цветов, что совершенно исказило изображение.

Результаты теста показали, что нарушение формата не может гарантировать адекватное поведение декодеров различных производителей, а потому наиболее надежными способами сохранения скрытой информации являются нестандартные порции, стандартные информационные порции типа tEXt и пространство в конце файла, поскольку декодеры не производят чтение данных из файла после порции IEND.

На тех вариантах, которые не вызывают сбой программного обеспечения, был проведен еще ряд тестов на робастность, таких как растяжение, поворот, усечение и редактирование изображения. Результаты показали, что декодеры всех тестируемых программ полностью преобразуют формат PNG в свой внутренний формат. При сохранении оставляют только данные изображения и добавляют дополнительные порции с новыми данными, специфическими только для каждого из них. Поскольку встроенные данные теряются даже при пересохранении файла, а не только при редактировании изображения, то использовать такой алгоритм встраивания хрупкого ЦВЗ нецелесообразно, так как практическая польза в этом отсутствует.

Данные, сохраненные в цветовой палитре, оказались устойчивы ко всем видам атак, кроме тех, которые приводили к изменению палитры: добавление цветов в палитру, изменение цветовой модели изображения, изменение количества цветов в палитре и т.д. Поэтому было принято решение в дальнейшем сосредоточить внимание на палитре цветов. В формате PNG палитра цветов может содержать до 256 цветов, на каждый из которых отводится по 3 байта. Следовательно, размер палитры – 768 байт. Если у нас имеется RGB изображение, можно сохранить файл ЦВЗ размером 768 байт. При этом существует вероятность использования этой палитры для оптимального отображения изображения на устройствах вывода с небольшим количеством цветов, а это означает, что изображение будет отображаться неправильно. Если исходный контейнер уже имеет цветовую палитру, содержащую определение значений для 256 цветов, то ЦВЗ внедрять некуда.

Однако палитра обычно не содержит одинаковые цвета. А это значит, что в палитре хранится избыточная информация – порядок цветов. Естественно, что порядок задает номер цвета, по которому он отыскивается, чтобы отобразить пиксель изображения. Но если поменять местами цвета в палитре и соответствующим образом переиндексировать изображение, то графическая информация не изменится. Поскольку всегда можно избавиться от одинаковых цветов в палитре, будем считать, что палитра не имеет повторяющихся значений. Следовательно, переставляя местами элементы палитры, можно вносить скрытую информацию, не изменяя при этом самого изображения. Количество перестановок в палитре из 256 цветов равно  $256! \approx 8,5 \times 10^{506} \approx 21684$ . Сопоставим каждой перестановке от 1 до 21684. Получаем, что в палитре из 256 цветов можно сохранить путем перестановки приблизительно 1684 бит или 210 байт.

Количество цветов в палитре не должно превышать  $2^{\langle \text{глубина цвета} \rangle}$  или 256. При необходимости сохранить больше информации в палитре, чем это возможно с текущим количеством цветов, можно увеличить глубину цвета и искусственно добавить цвета в палитру, которые не будут использоваться в изображении, а будут только дополнять палитру до 256 цветов. Таким образом, перестановкой из 256 чисел можно закодировать целое число длиной 210 байт.

На основе полученных данных разработан метод Z\_PNG, сущность которого заключается в генерации цифрового водяного знака как совокупности ключа, контейнера и сообщения; встраивании ЦВЗ в цветовую палитру, что не влечет потери информации; а также обнаружении ЦВЗ в детекторе путем указания наличия либо отсутствия тако-

го в контейнере. Маской встраивания служат информационные порции типа gAMA.

Данный метод позволяет встраивать полухрупкие ЦВЗ, поскольку он устойчив к атакам сжатия и к аффинным преобразованиям, но неустойчив к преобразованию форматов, добавлению новых цветов и другим атакам, приводящим к изменению палитры цветов.

Пусть  $W^*, K^*, I^*, B^*$  – это множества возможных ЦВЗ, ключей, контейнеров и скрываемых сообщений соответственно. Тогда генерация ЦВЗ может быть представлена в виде:

$$F: I^* \times K^* \times B^* \rightarrow W^*, W = F(I, K, B), \quad (1)$$

где  $W, K, I, B$  – представители соответствующих множеств.

Функция  $F$  может быть произвольной, но на практике требования робастности ЦВЗ накладывают на нее определенные ограничения. В большинстве случаев  $F(I, K, B) \approx F(I + \varepsilon, K, B)$ , т.е. незначительно измененный контейнер не приводит к изменению ЦВЗ. Функция  $F$  является составной:

$$F = T \circ G, \quad (2)$$

где  $G: K^* \times B^* \rightarrow C^*$  и  $T: C^* \times I^* \rightarrow W^*$ .

Функция  $G$  представляет собой от простейшей операции *xor* до функции шифрования. Функция  $T$ , например, представляет собой помехоустойчивое кодирование для повышения робастности ЦВЗ. Функция  $T$  должна быть выбрана так, чтобы незаполненный контейнер  $I_0$ , заполненный контейнер  $I_W$  и незначительно модифицированный заполненный контейнер  $I'_W$  порождали бы один и тот же ЦВЗ:

$$T(C, I_0) = T(C, I_W) = T(C, I'_W). \quad (3)$$

Процесс встраивания ЦВЗ  $W(i, j)$  в исходное изображение  $I_0(i, j)$  описывается как суперпозиция двух сигналов:

$$\varepsilon: I^* \times W^* \times L^* \rightarrow I_W^*, I_W(i, j) = I_0(i, j) \oplus L(i, j) W(i, j), \quad (4)$$

где  $L(i, j)$  – маска встраивания ЦВЗ, учитывающая особенности формата файла PNG, служит для уменьшения заметности ЦВЗ;  $\oplus$  – функция размещения ЦВЗ в контейнере.

Разработанный метод Z\_PNG позволяет встраивать цифровой водяной знак в формат PNG, который относится к типу полухрупких ЦВЗ. Перспективным аспектом развития данного направления является

ся нахождение эффективных алгоритмов построения перестановок палитры соответствующей определенному значению ЦВЗ.

1.Anderson R., editor. // Proc. Int. Workshop on Information Hiding: Lecture Notes in Computer Science. Springer – Verlag, Cambridge. 1996.

2.Koch E., Zhao J. Towards Robust and Hidden Image Copyright Labeling // IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing. 1995. – P.123-132.

3.Kutter M., Jordan F., Bossen F. Digital signature of color images using amplitude modulation // Proc. Of the SPIE Storage and Retrieval for Image and Video DataBases V. 1997. Vol. 3022. – P.518 – 526.

4.Koch E., Zhao J. Towards Robust and Hidden Image Copyright Labeling // IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing. 1995. – P.123-132.

5.Cox I., Kilian J., Leighton T., Shamoon T. Secure spread spectrum watermarking // Signal Processing, Special Issue on Copyright Protection and Control. 1998. Vol.66. #3. – P.357-372.

*Получено 16.07.2004*

УДК 629.12

В.А.ГОЛЕНДЕР, канд. техн. наук

*Гуманитарно-технический институт, г.Харьков*

Н.А.ГУБЕНКО, Б.М.КОРЖИК, канд. техн. наук

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

## **ВИБРОАКУСТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ТРАМВАЯ, ОЦЕНКА И ПУТИ ЕЕ СНИЖЕНИЯ**

Рассматриваются проблемы снижения виброакустической активности подвижного состава трамвая, оказывающей негативное влияние на водителей и машинистов, пассажиров и других участников дорожного движения, как одной из приоритетных задач обеспечения безопасности жизнедеятельности людей, охраны их здоровья и среды обитания.

Шум в городах и селитебных зонах неизбежно растет по мере увеличения скорости движения транспортных средств, объемов перевозок пассажиров и грузов. Естественно, что более интенсивно он возрастает на основных транспортных магистралях крупных городов и промышленных центров. По данным Всемирной организации здравоохранения шумовой фон в городах Европы за каждые десять лет повышается в среднем на 1-2 дБ. Оказывая негативное влияние на всех участников движения вообще, шум существенно влияет на потенциальную опасность возникновения дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

В силу специфики взаимодействия городского рельсового подвижного состава с рельсами и верхним строением пути, их содержанием в исправном состоянии, наиболее виброактивным является трамвай [1, 2]. Справедливости ради следует сказать, что вместе с этим трамвай